

## 魚類筋肉内燐化合物の生理化学的研究

著者	中野 智夫
号	4
発行年	1959
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/12385">http://hdl.handle.net/10097/12385</a>

氏 名  
授 与 学 位  
学 位 授 与 年 月 日  
学 位 授 与 の 根 拠 法 規  
研 究 科, 専 攻 の 名 称

中 野 智 夫  
農 学 博 士  
昭和 34 年 6 月 25 日  
学位規則第 5 条第 1 項  
東北大学大学院農学研究科  
博士課程（水産学専攻）

学 位 論 文 題 目 魚類筋肉内磷化合物の生理化学的研究

指 導 教 官	東北大学教授	土 屋 靖 彦
論 文 審 査 委 員	東北大学教授	土 屋 靖 彦
	東北大学教授	今 井 丈 夫
	東北大学教授	松 平 近 義

## 論文内容要旨

生体内燐化合物に関する研究は、近年急速にひらけて来たが、その意味は燐化合物、とりわけ高エネルギー燐化合物が種々の生体内代謝に殆んど常に関係し、しかもそれが主導的役割に於てあることが明らかにされて来たからである。しかしながらこれを魚類について見ると、研究が極めて少なく、ようやくその緒についた段階というに過ぎない。更に水産魚介類肉質についての既往の研究は、大部分死後変化の究明に努力が払われていて、生存時の生理作用並びにそれについての検討は殆んどなされていない。それ故著者はこの点に着目して、環境条件の変化と魚類筋肉内高エネルギー燐化合物の行動との関連性を、特に生活する魚を用いて生理化学的に究明すると共に、併せてその知見を水産学上の諸問題解決の基礎に資そうとして行なったものである（以上緒論）。

先ず海水産魚類8種（サバ、カツオ、タイ、アサヒアナハゼ、ウグイ、ボラ、スズキ及びメナダ）と淡水産魚類2種（コイ、フナ）についてその筋肉内の I-P, C-P, 7'-P 及び T-P の分析を行ない、一応それらの含有量の一般的傾向を知ろうとした。更に、サバ及びコイについては、飼育条件の影響を、又ボラ、スズキ及びメナダを用いてその死後変化の状態についても調べた。その結果の一例は下の如くで、

	海水魚	淡水魚
I-P	50~240	65~140
C-P	0~ 17	1~ 12
7'-P	0~ 34	17~ 36
T-P	115~400	190~290

(単位 mg%)

魚類により燐化合物量が相当の差を示すことが明らかとなった。又、個体差についても可成りの差がある如く感じられるが、更に同一個体内でも普通肉と血合肉で差のあることが見られる。一方又環境条件には極めて敏感に影響されて変動する事も予期した如くであった。従って、本研究を遂行するためには、極めて慎重な計画を必要とし、同一魚種に於ける個体差の問題を明らかにすることが先ず必要であると解釈された（以上第2章）。

よって、フナ及びサバの多数を使つて、それらの個体差を統計学的に考察した。その結果、先天的個体差は、上に述べた個体差と考えられるものよりもかなり小さいものである事が明らかとなった。従って一応個体差と考えていた燐化合物の大きな含量差は、環境条件の違いが生理的に魚に微妙に影響して生じた差であろうと結論した（以上第3章第1節）。

次に、このように微妙な影響を与える環境条件について、以下の如く詳細に検討して見た。即ち、先ずフナに対する季節的变化の影響について調べたところ、水温の最も高い代謝の盛んな8~10月に筋肉内の高エネルギー燐化合物が最も多く含まれ、その後水温の下降する非活動期即ち冬期になるに従って漸次減少することが判った。水温の変化と高エネルギー燐化合物の変動とがこの様に、ほぼ平行的に変わることを見たので、次に実験室でフナその他を種々の温度差をもつ水に飼育して調べたところ、棲息適水温に生活する代謝作用の順調な魚は、そうでないものよりも筋肉内に多くの高エネルギー燐化合物を含むことを見出した。同時に、活動性を低下させる悪環境に於ては高エネルギー燐化合物のみならず酸溶性燐化合物量の減少も起ることが見出された。又適水温に飼育される魚は飼料の摂取並びに消化が活潑なことも観察されて、結局、前述の如く代謝作用の順調なものが高エネルギー燐化合物も多く含むようになることを明らかにした（以上第3章第2節）。

次に、魚に毒性を示すアンモニウムイオンを棲息水に溶入して (0.01~0.05Mol), それが魚の磷化合物代謝に如何に影響するかについて研究をした。その結果、水に魚を放った初期に僅かな変動が見られるが、その後の 10 数時間を通じてさして大きな変動が認められなかった。

一方、ウレタン溶液で麻酔を施すと (0.5~2.0%, 1~10 分), ウレタンの処理をしないで水揚げ後直ちに撲殺処理した試料よりも筋肉内に多くの高エネルギー磷化合物をとどめていた。これは、撲殺という処理操作によって与えられる苦悶や痙攣により高エネルギー磷化合物が消費されるが、ウレタンで麻酔をかけるとこのようなことが起らないことを示している。即ち、撲殺したものに較べて、麻酔を施したものでは、I-P/T-P 値が小さく、逆に 7'-P/T-P, C-P/T-P 値が大きいこと及び T-P 値に両者の差が見られないことから C-P, 7'-P 等の高エネルギー磷化合物の磷酸解離が麻酔処理したものは撲殺処理した魚ほどに行なわれなかったことを示す。従ってウレタン麻酔という処理が、撲殺という処理よりも筋肉内高エネルギー磷化合物に量的な減少を生ぜしめるような影響を与えることなしに処理し得る方法であることが明らかとなった訳である。と同時に、従来魚の鮮度保持方法として、先ず水揚げ後直ちに撲殺するという操作が推奨されているが、本研究によると少なくとも、このように筋肉内高エネルギー磷化合物を減少せしめるという意味では充分反省さるべきであると考えられるに至った。こうした考察は、その死後に於ける磷化合物の分解及び消失の模様からも、充分裏付けがなされた。即ち撲殺したものは、ウレタン麻酔を施したもののよりも極めて早く死後筋肉内高エネルギー磷化合物の分解、消失が行なわれた。且つ又、この研究に於て筋肉内に含まれる有機性磷化合物 (T-P—I-P) 量は、淡水性で、運動があまり活潑でないフナよりも洄游性で運動活潑なサバの方に多く含まれており、前者は後者の約 60% を示すに過ぎない。筋肉内有機性磷化合物は動物筋肉の性質を論ずる上に於て重要な意義をもつものと理解されているが、運動活潑な洄游性のサバにこのものが多く含まれていることは、恐らく、この種の魚に於ては、その運動性との関連に於て、体内エネルギー回転が極めて活潑に行なわれている為と解される。又これら 2 魚種に於ける肉質の違いは、死後筋肉内 7'-P の急速な減少過程に於ける減少速度の上にも現われている。即ち、撲殺処理試料では 1.8mg%/hr., サバ撲殺処理試料では 17mg%/hr., フナウレタン麻酔試料では 1.4mg%/hr., サバウレタン麻酔試料では 11mg%/hr. となり、いずれの処理によってもサバの 7'-P 分解減少速度がフナのその約 10 倍という速度で進む。更にこの結果から、ウレタン麻酔処理を施すことによってその分解速度が低下することも明らかにされた。こうした両魚の示す 7'-P 分解過程についての考察は、C-P 分解過程についても全く同様なことが言える。この点、魚類の死後硬直現象に密接に関係して来るこれら高エネルギー磷化合物のかかる処理方法による挙動の違いは、生理化学的研究に於てのみならず、漁法、漁獲後処理という面からも水産学的に極めて重要な意義をもつものである。なお、ここに得た結論から改めて新しく低温麻酔をも含めた麻酔処理による魚類の鮮度保持という従来にない新しい方法が考えられることを提案した (以上第 3 章第 3 節)。

次に、魚に重量物を負荷した場合に、筋肉内磷化合物が如何なる挙動を示すかについて研究した。その結果、高エネルギー磷化合物は体重の 15% の荷重を与えられた試料を底とする凹状カーブ的な変動を示すことを認め、魚に疲労を来さしめる様な荷重は、筋肉内高エネルギー磷化合物を減少せしめる効果のあることを見出した。又その死後変化からも、疲労魚は極めて早急に高エネルギー磷化合物を消失することも明らかにした。尚又、このように重量物を魚に負荷することによって魚の生理に影響の出ることが明らかとなったので、この種の方法を使って今後種々の魚類生理の研究が発展する可能性も論じた (以上第 3 章第 4 節)。

次に、この様な磷化合物の変化を酵素学的に若干検討しようとして、以下の様な実験を行なった。即ち、負荷によって疲労を与えた魚、平常状態の魚及び麻酔を施した魚から、それぞれ

Myosin ATP-ase, Myokinase を分離し、その酵素活性を調べた。その結果、Myokinase 活性には差が認められなかったが、Myosin ATP ase 作用については疲労魚から得たものは、平常及び麻醉魚から得たものよりもその活性度の大きいことが判った。更にそれは  $\text{Ca}^{++}$  によってよく活性化されやすい状態におかれていることをも認めた。結局このことから上述した飼育条件及び処理条件によって与えられる苦悶や疲労が、筋肉内の高エネルギー燐化合物を減少せしめるという諸結果の説明に矛盾のないことを論証した（以上第3章第5節）。

以上、述べた本研究の成果を要約すると、(1) 魚の環境が生活に適している場合には、体内代謝が活潑となり筋肉内に高エネルギー燐化合物を多く含むようになる。しかし悪環境にあっては、代謝の均衡を失なってこれを減少する。

又、魚に疲労や苦悶を与える飼育並びに致死条件は、筋肉高エネルギー燐化合物を減少せしめるもので、この現象の生起には筋肉内 Myosin ATP-ase の活生化の起ることがあづかって大きい。

これらの結果から、魚類筋肉内燐化合物は、代謝生理、運動生理に直接的な結びつきに於て関与し、生理化学的に重要な役割を演じているものであると結論づけられよう。

(2) 更に水産学的に重要な貢献は、特に魚介類鮮度保持の為に、漁獲法、漁獲物処理法として麻醉法が適用されていくべき一方法であることを提案したことである。

## 審 査 結 果 要 旨

魚肉の磷化合物に関して行なわれた従来の研究は何れも漁獲後の魚の取扱い方法と鮮度との関係を扱ったもので生きた魚の生理的要因との結びつきを解明したものは殆んど皆無である。本研究はこの生活時の魚のおかれた条件の如何が筋肉内高エネルギー磷化合物（以下磷化合物と略）に如何に影響するかを明らかにする目的と併せてそれが水産学へ新しい基礎知識を提供しようとする目的を以って開始されたものである。

水槽に飼った海水魚 8 種、淡水魚 2 種を水揚げと同時に頭部撲殺をして、筋肉の全磷、無機磷、Adenosinetriphosphate, Adenosine diphosphate, Creatine phosphate を分析し、魚種間における差、特に運動の活潑な魚は不活潑のものより磷化合物の多いこと、更に個体差のあること及び同一魚体内での部位差などのあることを認めた。次にサバ及びフナの多数について分析し、先天的個体差は予期したものより小さいことを統計学的に明らかにした。それと共に魚筋内磷化合物は魚のおかれた生理的状態の影響を微妙に反映することを指摘し以下之を実証した。即ちフナに就て季節的变化を見た所、水温の高い 8~10 月に磷化合物含量が最高となり、水温の低い 2, 3 月に最低となること。更にフナを 5, 10, 15 及び 25°C の水槽にそれぞれ約 2 週間飼育した所、25°C 飼育が最高で 5°C が最低であった。又海水魚メバルについても全く同様の結果が得られ、適水温にある魚は代謝が順調に行なわれると共に問題とする磷化合物も多くなることを明らかにした。次に環境水の水質との関係を見るため、 $\text{NH}_4\text{Cl}$  (0.01~0.05M) 或いは  $\text{NaCl}$  (0.02~0.05M) を入れた水にフナを飼育した所、前者では入れた初期数分の間若干の変動が見られるが、それ以後は定常であり、一方後者は実験範囲内では殆んど見る可き変化がなかった。結局  $\text{NH}_4^+$  の毒性が磷化合物に微妙に影響することが判ったが、次に Ethylcarbamate ( $\text{H}_2\text{NCOOC}_2\text{H}_5$ ) を溶解した水 (0.02~0.05M) に魚を入れた時の磷化合物の動向について研究をした。その結果麻酔処理したものは、しないで水揚げと共に撲殺処理したものより多くの磷化合物を含むことが見られた。麻酔状態で撲殺されると苦悶や痙攣がない。従ってその際磷化合物の消耗が少いと解された。このことから斯様な方法で魚を処理するなら、鮮度もより長く保持される筈と考えられるに至り、麻酔処理魚の死後の鮮度と磷化合物の分解消失の過程を追跡した所、予期の如く麻酔処理したものは磷化合物の残存率が高く、鮮度も亦良好であることが見出され、こゝに全く新しい麻酔処理による魚の鮮度保持という提案がなされた。次に魚に重量物を負荷した時との関係性が研究され、体重の 15% の荷重を課せられた試料を底とする凹状曲線的の変動を認めて、魚を疲労させる荷重は明かに筋肉内磷化合物を減少させることが証明された。

以上から魚肉内磷化合物は環境水の温度、水質の変化或いは荷重労作によって敏感に変動することが実証されたので、それらの変動機作に与る酵素系の問題を次に研究した。即ち荷重労作により疲労させた魚、麻酔魚及び平常魚の筋肉から Myosin-ATP-ase 及び Myokinase を分離し、その酵素活性をしらべた所、ATP-ase では疲労魚>平常魚>麻酔魚の順に活性度が小さくなり、しかも活性の大きい疲労魚の酵素は  $\text{Ca}^{++}$  により活性化され易い状態にあることが判った。一方 Myokinase 活性には差が認められなかったので、魚に与える苦悶や疲労が魚筋内磷化合物を変動減少せしめるのは、結局 ATP-ase 活性化とその作用によって主に導かれているものと決論した。

以上の内容は魚類の筋肉生理に関して新たな資料と重要な知見を加えると共に、それが応用による麻酔漁獲法なる考想は魚類鮮度保持法に対する新提案で、産業上、学術上寄与する所が大きい。よって本研究は農学博士の学位を授与するに値するものと判定する。